

KAJIAN SEBARAN KADMIUM DALAM SAYURAN DAN TANAH DI BANTARAN SUNGAI CIKARANG BEKASI LAUT (CBL)

The Study of Cadmium Distribution in Vegetable and Soil Located in River Bank of Cikarang Bekasi Laut (CBL) River

Alfandi¹⁾, Salaudin Djalal Tandjung²⁾, Bostang Radjaguguk³⁾ dan Narsito⁴⁾

¹ Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Gadjah Mada

² Jurusan Biologi, MIPA Universitas Gadjah Mada

³ Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada

⁴ Jurusan Kimia, MIPA, Universitas Gadjah Mada

ABSTRACT

Contamination of contaminants in river are more due to human activities (antropogenic), such as the disposal of industrial waste and domestic waste. One type of inorganic pollutants that is toxic to living organism including human is cadmium (Cd). The movement of Cd in river water into the soil along the river is naturally and by human activity. The objectives of this study was to examine the distribution of Cd in soil on the river banks of the Cikarang Bekasi Laut (CBL) river, in Bekasi West Java, based on the distance from the pollutant sources during rainy and dry season (spatially and temporally). This study used a survey method in sampling plants, water and soil. Sampling was conducted at 10 sites and 10 observation times (dry and rainy season). The analyses of Cd content were conducted on plant, water and soil samples. In addition, pH was also measured in soil and water samples. Vegetable samples were collected from the field were kale, spinach and caisin. Statistical analyses comparized of analyses of variance (F test), comparatine analyses of the mean and correlation analyses. The results showed that the contents of Cd in the soil samples that close to the surface of the river water were higher than those of other soil samples. This was caused by the movement of Cd from the river water naturally due to changes in water level or river discharge fluctuation, as a consequence of changes in dry and rainy seasons. At sites further from the river (on land of cultivation), the presence of Cd in soil was mainly due to the use of river water for irrigation. Watering plant was mostly done during the dry season, at which the concentration of Cd in river water was relatively higher. The content of Cd in plant tissue (Spinach, kale and caisin) had a positive correlation with the content of Cd in the soil. The average content of Cd from the three plants were spinach > kale > caisin, consecutively.

Keywords: antropogenic, cadmium (Cd), Cd uptake, pollution, riverbanks

PENDAHULUAN

Air sungai yang mengalir di daerah perkotaan (daerah padat pemukiman dan industri), memiliki kualitas yang sangat rendah akibat pembuangan limbah domestik dan industri. Kedua sumber tersebut memberikan kontribusi utama terhadap pencemaran di badan air permukaan. Salah satu jenis limbah anorganik yang dihasilkan oleh kegiatan industri dan bersifat sangat berbahaya bagi kesehatan manusia adalah logam berat. Logam berat dapat secara langsung bersifat toksik bagi tanaman, atau menjadi sangat berbahaya bagi hewan dan manusia yang mengkonsumsinya setelah logam tersebut memasuki rantai makanan (Vlams et al., 1985). Beberapa logam berat yang berpotensi menimbulkan risiko toksik (*hazardous*) adalah Hg, Cd, Cr dan Pb yang menjadi perhatian utama sejak tiga dekade yang lalu (Sommers, 1980 dalam Vlams et al., 1985). Diantara logam berat tersebut logam Cd akan menjadi fokus dalam penelitian ini, mengingat hulu Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) yaitu Sungai Cikarang dan anak Sungai Bekasi terdapat banyak jenis industri yang berpotensi menghasilkan limbah Cd. Hasil penelitian yang

dilakukan oleh Fachrul *et al.* (2004), menunjukkan bahwa muara Sungai CBL telah mengalami pencemaran berat oleh limbah industri dan domestik. Kadmium sangat membahayakan kesehatan manusia karena pengaruh racun akut dari unsur tersebut sangat buruk. Kasus keracunan Cd yang banyak dijadikan referensi adalah yang terjadi di Jepang yang biasa disebut dengan *Itai-itai disease*.

Logam berat yang ada di dalam air sungai sifatnya tidak dapat didegradasi, sehingga logam ini akan larut dalam air atau mengendap di dalam sedimen dalam berbagai macam bentuk kimia (*spesiasi*). Apabila proses pengendapan terjadi secara terus-menerus, maka biota di kawasan (ekosistem) perairan tersebut akan mengalami gangguan. Menurut Murray *et al.* (2004), bantaran sungai pada kawasan industri dari suatu daerah aliran sungai mempunyai konsentrasi logam berat yang sangat tinggi dibandingkan kawasan permukiman maupun wilayah perdesaan. Menurut Robert (1999) bahwa sumbangan limbah domestik di wilayah perkotaan terhadap logam Cd dalam perairan adalah sebesar 11% dari total kandungan dalam air sungai dan sisanya (89%) tentunya berasal dari industri. Sungai yang mengandung logam Cd berlebihan

dapat mencemari tanah sekitarnya, baik melalui irigasi maupun pembuangan sedimen yang dikeruk atau akibat banjir. Hasil penelitian di Jepang, menunjukkan bahwa sungai dapat mengangkut Cd dengan jarak yang cukup jauh yaitu hingga 50 km dari sumber (Tsuchiya, 1978 dalam World Health Organization, 1992).

Di bantaran Sungai CBL termasuk di Kecamatan Babelan, Kabupaten Bekasi para petani menggunakan bantaran sungai sebagai lahan pertanian untuk budidaya, khususnya tanaman sayuran. Sumber air irigasi berasal dari air Sungai CBL, sehingga apabila air sungai mengandung polutan logam berat, maka logam berat tersebut ikut dan akan mengendap di lahan pertanian, dan selanjutnya diperkirakan akan masuk ke jaringan tanaman melalui mekanisme serapan (*absorption*). Oleh karena itu, usahatani tanaman pangan dan sayuran di bantaran Sungai CBL memiliki risiko adanya kandungan logam berat yang tinggi. Para petani tentunya tidak menyadari akan hal tersebut, karena bagi petani yang lebih penting adalah tingkat pertumbuhan dan produksi yang tinggi. Serapan Cd yang tinggi belum tentu menunjukkan adanya gejala toksisitas (klorosis) pada tanaman (sayuran).

Kandungan logam berat dalam tanah secara alamiah rata-rata 0.06 mg kg^{-1} (Peterson dan Alloway, 1979 dalam Darmono, 1995). Hasil penelitian Chaudri *et al.* (2001), menunjukkan adanya hubungan yang nyata dan bersifat linier antara Cd terlarut dengan Cd total dalam tanah, demikian pula antara Cd total dalam tanah dengan Cd yang terserap oleh tanaman. Namun demikian hubungan antara Cd terlarut jauh lebih linier dengan Cd dalam tanaman dibandingkan dengan Cd total dalam tanah. Korelasi antara

Cd total dalam tanah dan Cd dalam biji gandum antara tahun 1994, 1996 dan 1999 sangat nyata, dengan nilai koefisien korelasi (r) berturut-turut adalah 0.90; 0.87; dan 0.85.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan meliputi Peta Rupa Bumi Skala 1:25.000 di wilayah Sungai CBL, yang terdiri dari 11 lembar, sampel tanaman (bayam, kangkung dan caisin) dari lahan petani, bahan-bahan untuk analisis kimia tanah, air dan tanaman. Alat yang digunakan meliputi GPS tipe Garmin tipe 60CSx, bor belgi, alat pengambilan sampel tanah dan air, serta alat pengukuran debit sungai. Pengolahan peta RBI menjadi peta tematik dilakukan di laboratorium GIS Fakultas Geografi UGM Yogyakarta.

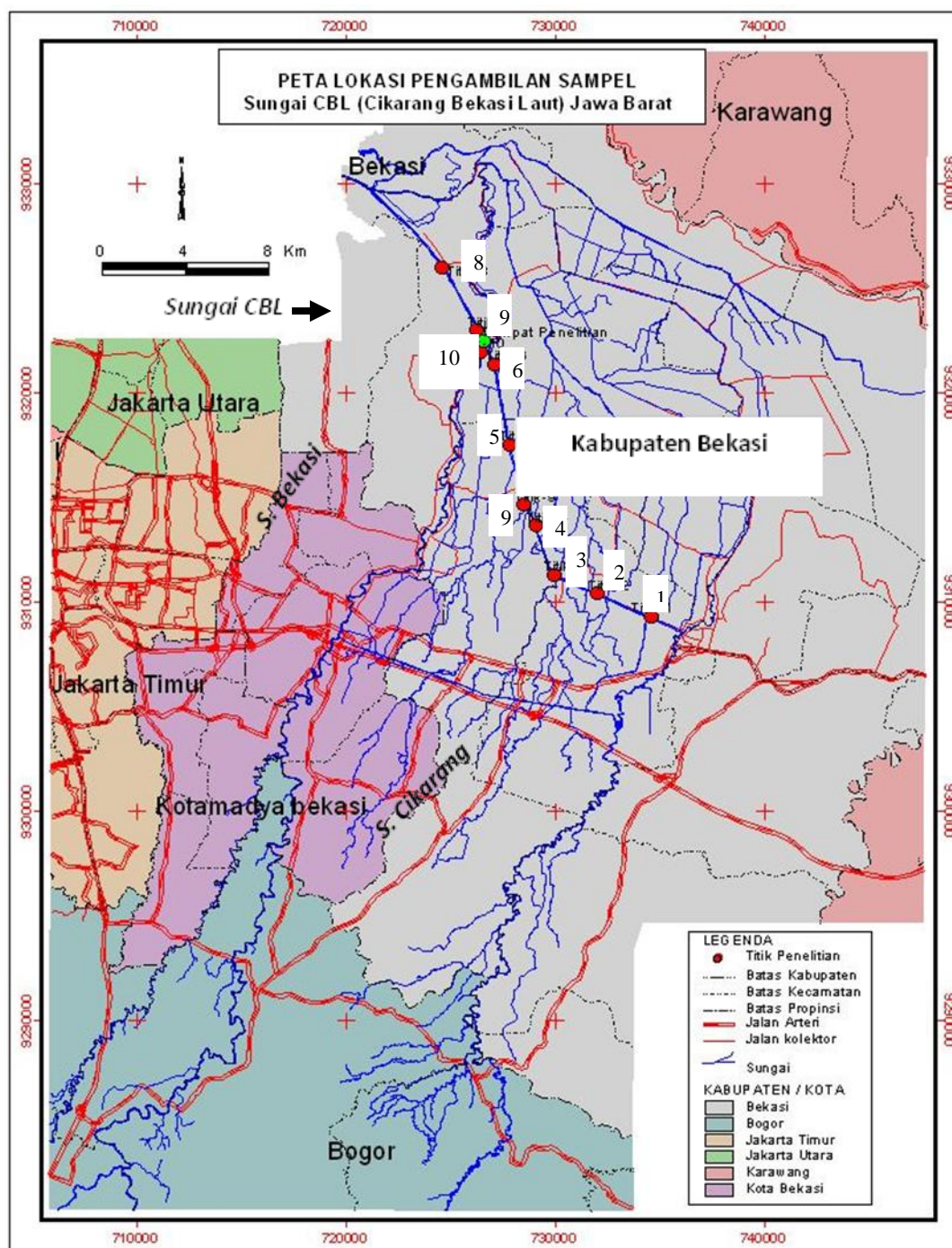
Penelitian dilakukan dengan metode survey yaitu dalam pengambilan sampel tanaman, sampel tanah dan air sungai pada titik-titik lokasi dan waktu yang telah ditetapkan, dapat dilihat pada Tabel 1. Penetapan titik-titik lokasi dilakukan dengan teknik *Purposive Sampling*, yaitu penentuan titik sampling berdasarkan pertimbangan : a) adanya konsentrasi pemanfaatan lahan oleh petani di bantaran sungai untuk budidaya tanaman sayuran, b) jarak titik lokasi dengan percabangan anak sungai, dan c) jarak antar titik-titik lokasi yang satu dengan yang lainnya. Selanjutnya penetapan waktu pengambilan sampel dilakukan pada beberapa waktu di musim penghujan dan kemarau. Berdasar pertimbangan tersebut telah ditetapkan 10 titik lokasi (Gambar 1) pengambilan sampel air, tanah dan tanaman dan 10 titik waktu pengamatan.

Tabel 1. Lokasi dan waktu pengambilan sampel tanaman, tanah dan air

No.	Kode Lokasi	Koordinat UTM *)		Waktu Pengambilan Sampel		
		L. Selatan	B. Timur	kode	Tanggal	Musim
1	L-1	9,309,456.55	735,837.52	T1	19-03-2007	Penghujan
2	L-2	9,310,572.18	733,281.95	T2	26-03-2007	Penghujan
3	L-3	9,311,467.28	731,193.39	T3	01-06-2007	Kemarau
4	L-4	9,313,802.32	730,337.21	T4	08-06-2007	Kemarau
5	L-5	9,317,681.07	729,065.92	T5	21-08-2007	Kemarau
6	L-6	9,321,507.94	728,365.40	T6	28-08-2007	Kemarau
7	L-7	9,323,155.44	727,522.20	T7	13-02-2008	Penghujan
8	L-8	9,326,139.09	725,861.73	T8	20-02-2008	Penghujan
9	L-9	9,314,801.19	729,766.43	T9	05-07-2008	Kemarau
10	L-10	9,322,130.61	727,703.81	T10	12-07-2008	Kemarau

Ket : *) Jarak lurus lokasi dari titik percobaan lapangan

Penetapan koordinat geografis/UTM menggunakan alat GPS Garmin tipe 60CSx.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan 10 titik sampel di Kabupaten Bekasi

Pengambilan Sampel dan Analisis

Pengambilan sampel air sungai dimaksudkan untuk analisis konsentrasi Cd dan pengukuran pH air pada setiap titik lokasi dan 10 waktu pengamatan. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan botol *water sampler* yang bervolume 250 ml. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara komposit pada masing-masing 10 titik lokasi (L-1 sampai dengan L-10). Setiap titik lokasi diambil 2 titik sampel komposit secara lateral (melintang), yaitu titik A (berjarak 3 m dari rata-rata tinggi muka air) dan titik B (berjarak 10 m dari rata-rata tinggi muka air). Pengambilan sampel tanah hanya diambil sebanyak 5 waktu pengamatan, yaitu T1, T3, T6, T8 dan T10 karena jarak waktu antara T1

dan T2 hanya 1 minggu, demikian pula antara T3-T4, T5-T6, T7-T8 serta T9-T10 (Tabel 1). Pertimbangannya adalah konsentrasi Cd dan pH di tanah dalam waktu 1 minggu relatif lebih konstan dibanding di dalam air sungai.

Untuk sampel tanaman diambil dari lahan petani meliputi tanaman kangkung, bayam dan caisin. Umur ketiga jenis tanaman untuk sampel berkisar antara umur 25-27 hari setelah tanam. Setiap jenis tanaman dianalisis kandungan Cd pada bagian akar dan tajuk.

Prosedur dalam analisis parameter kimia terhadap sampel tanah, air dan tanaman didasarkan kepada Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman Air dan Pupuk oleh Balai Penelitian Tanah (2005). Unsur logam Cd dalam tanah dan tanaman diekstrak dengan cara pengabuan basah

menggunakan campuran asam pekat HNO_3 dan HClO_4 . Adapun bahan/pereaksi yang digunakan meliputi HNO_3 pekat (65%) p.a., HClO_4 pekat (60%) p.a., standar 0 (larutan HClO_4 10%), Standar pokok 1.000 ppm Cd (titrisol). Kadar logam Cd yang telah diekstrak selanjutnya diukur menggunakan AAS (*atomic absorption spectrophotometry*).

Uji keragaman dilakukan untuk melihat pengaruh lokasi dan waktu pengambilan sampel. Dalam analisis ini variabel bebas (*independent variable*) adalah Lokasi (L-1 sampai dengan L-8) dan Waktu (sesuai dengan waktu pengambilan sampel). Adapun Model Linier dari Analisis keragaman tersebut adalah sebagai berikut :

$Y_{ij} = \mu \dots + Li + Wj + \varepsilon_{ij}$, dimana Li adalah pengaruh aditif lokasi ke-i dan Wj adalah pengaruh aditif waktu ke-j. Untuk mengevaluasi keterkaitan atau hubungan antara berbagai variabel yang diamati maka dilakukan uji korelasi pearson.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah Studi

Wilayah studi dalam penelitian ini terdapat di Sungai CBL, Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat. Panjang Sungai CBL sampai dengan muara di Laut Jawa adalah 29.2 km. Sungai CBL adalah suatu saluran buatan (saluran pembuangan atau “sudetan”) dari Sungai Cikarang dan Sungai Bekasi yang melewati daerah Kabupaten Bekasi. Hulu Sungai CBL adalah Sungai Cikarang dan

bermuara di Teluk Jakarta. Jenis tanah di bantaran Sungai CBL didominasi jenis tanah Latosol Merah Kekuningan. Sungai CBL melewati beberapa kecamatan, diantaranya kecamatan Cibitung, Tambun Utara, Tambun Selatan, Sukawangi, Babelan, dan kecamatan Muaragembong. Keenam kecamatan tersebut berada di wilayah administrasi Kabupaten Bekasi. Untuk melihat gambaran dari industri yang berpotensi menghasilkan limbah Cd di wilayah kabupaten Bekasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis industri besar dan menengah di Kabupaten Bekasi yang berpotensi menghasilkan limbah mengandung Cd

No	Jenis Industri	Jumlah	%
1.	Zat warna (cat)	5	2.16
2.	Elektroplating	17	7.33
3.	Logam/Campuran logam	44	18.97
4.	Tekstil	13	5.60
5.	Kimia	22	9.48
6.	Elektronika	12	5.17
7.	Lain-lain *)	119	51.29
Jumlah		232	100.00

*) termasuk lain-lain : industri furniture, makanan dan minuman, buah dan sayuran, dan percetakan (pengolahan data sekunder Anonim, 2007)

Debit dan Konsentrasi Cd Air Sungai

Kandungan Cd dalam air Sungai CBL pada 2 musim (Penghujan dan Kemarau) ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Debit dan konsentrasi Cd air sungai CBL pada 3 titik lokasi pengamatan pada 10 waktu pengukuran

No.	Waktu Pengukuran *)		Debit Air Sungai ($\text{m}^3 \text{dt}^{-1}$)			Cd Air Sungai (mg L^{-1})		
			Lokasi			Lokasi		
	Tanggal	Kode	L-1	L-5	L-7	L-1	L-5	L-7
1.	19-03-2007	T1	11,357	14,366	37,026	0.002	0.003	0.000
2.	26-03-2007	T2	9,743	12,113	35,764	0.005	0.009	0.004
3.	01-06-2007	T3	8,925	11,238	31,391	0.008	0.011	0.008
4.	08-06-2007	T4	8,288	10,688	28,484	0.009	0.010	0.011
5.	21-08-2007	T5	12,530	14,708	33,134	0.012	0.012	0.011
6.	28-08-2007	T6	9,173	11,355	26,323	0.009	0.012	0.012
7.	13-02-2008	T7	13,728	15,141	35,963	0.004	0.006	0.009
8.	20-02-2008	T8	9,354	11,591	29,298	0.009	0.008	0.011
9.	05-07-2008	T9	8,606	10,074	27,321	0.014	0.013	0.010
10.	12-07-2008	T10	6,252	8,524	26,856	0.015	0.013	0.013

*) Musim penghujan (T1, T2, T7, dan T8), Musim kemarau (T3, T4, T5, T6, T9 dan T10)

Hasil analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan yang bersifat negatif antara debit dengan konsentrasi Cd sungai pada ketiga lokasi tersebut, dengan koefisien korelasi (r) pada L-1, L-5 dan L7 berturut-turut -0.585; -0.654*; dan -0.792**. Hal ini berarti bahwa semakin besar debit air sungai, maka semakin rendah konsentrasi Cd dan sebaliknya semakin kecil debit air sungai maka semakin tinggi konsentrasi Cd dalam air. Hal ini mudah dipahami bahwa semakin besar debit air sungai maka akan terjadi pengenceran polutan, dengan asumsi bahwa jumlah polutan yang masuk ke badan air relatif

konstan. Oleh karena itu pada musim kemarau konsentrasi polutan, termasuk Cd juga semakin tinggi. Hasil yang sama juga diperoleh dari penelitian Gundersen dan Steinnes (2001), bahwa terdapat hubungan negatif yang signifikan antara konsentrasi Cd dengan debit air sungai.

Sebaran Cd dalam Tanah di Bantaran Sungai CBL

Hasil analisis kandungan Cd tanah pada setiap lokasi sepanjang bantaran Sungai CBL ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Kadar Cd dalam tanah di bantaran sungai CBL pada titik A dan B di setiap titik lokasi dan 5 waktu pengamatan

Lokasi	Cd Tanah di Bantaran Sungai CBL pada 5 Waktu Pengamatan (mg kg^{-1})									
	T1		T3		T6		T8		T10	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
L-1	0.32	0.21	0.33	0.24	0.43	0.39	0.43	0.38	0.48	0.33
L-2	0.19	0.13	0.22	0.17	0.47	0.43	0.44	0.41	0.44	0.33
L-3	0.22	0.18	0.26	0.21	0.27	0.16	0.22	0.15	0.32	0.13
L-4	0.39	0.23	0.37	0.29	0.49	0.37	0.46	0.31	0.58	0.23
L-5	0.03	0.24	0.12	0.33	0.48	0.34	0.45	0.32	0.52	0.22
L-6	0.30	0.22	0.33	0.26	0.51	0.50	0.54	0.43	0.49	0.33
L-7	0.34	0.12	0.42	0.21	0.54	0.15	0.48	0.15	0.34	0.03
L-8	0.25	0.12	0.23	0.17	0.42	0.27	0.27	0.03	0.41	0.06
L-9	0.43	0.07	0.34	0.19	0.45	0.07	0.37	0.15	0.41	0.17
L-10	0.36	0.11	0.37	0.26	0.37	0.15	0.53	0.09	0.31	0.02

Keterangan : A = Jarak pengambilan sampel tanah (3 m dari muka air)
 B = Jarak pengambilan sampel tanah (10 m dari muka air)

Tabel 4. menunjukkan kandungan rata-rata Cd dalam tanah di titik A (3 m dari muka air), adalah sebesar $0.38 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0.115$, nilai ini lebih tinggi dibanding kandungan Cd di titik B (10 m dari muka air), yaitu rata-rata $0.22 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0.116$. Melalui uji statistik *t-student* (Uji beda dua pasangan populasi) menunjukkan adanya perbedaan sangat signifikan antara kandungan Cd dalam tanah di titik A dan titik B. Fakta ini menunjukkan bahwa Cd dalam tanah yang lebih dekat ke muka air sungai lebih tinggi kandungannya dari pada di titik yang agak jauh dari muka air sungai. Air sungai melimpas ke daratan (bantaran) secara kontinyu dan berlangsung secara terus-menerus sesuai dengan fluktuasi debit sungai. Air sungai tersebut tentunya akan membawa material, baik berupa sedimen (padatan tersuspensi) maupun berupa senyawa terlarut ke bantaran sungai. Selanjutnya, material tersebut akan diendapkan dan menyebabkan terjadinya pengendapan berbagai unsur dalam tanah, termasuk logam Cd.

Sebaliknya, keberadaan Cd dalam tanah yang agak jauh dari muka air sungai, yaitu pada lahan yang digunakan untuk budidaya lebih banyak dipengaruhi oleh aktivitas manusia, yaitu melalui penggunaan air sungai sebagai air irigasi atau penyiraman pada tanaman. Kenyataan ini juga diperkuat adanya hubungan positif dan signifikan antara kandungan Cd tanah dengan lama penggunaan lahan untuk budidaya.

Kandungan Cd dalam tanah pada pada bantaran sungai yang digunakan sebagai lahan pertanian ternyata mempunyai korelasi dengan lama penggunaan lahan, dengan koefisien korelasi (*r*) sebesar 0.577^{**} . Hal ini bermakna bahwa semakin lama penggunaan lahan maka semakin tinggi kandungan Cd dalam tanah. Penggunaan air sungai sebagai air penyiraman untuk tanaman budidaya biasanya dilakukan pada saat musim kemarau. Sementara konsentrasi Cd dalam air sungai lebih tinggi pada musim kemarau tersebut, sehingga jumlah Cd yang masuk ke lahan budidaya juga semakin besar jumlahnya.

Kandungan Cd dalam Sampel Tanaman

Hasil analisis kandungan Cd dalam jaringan tanaman pada masing-masing lokasi di bantaran Sungai CBL ditunjukkan pada Tabel 5. Rata-rata kandungan Cd dalam jaringan dari seluruh sampel tanaman (kangkung, bayam dan caisin) adalah sebesar $0.53 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0.045$ di bagian akar, dan $0.32 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0.047$ di bagian tajuk. Untuk mengevaluasi apakah nilai tersebut tergolong rendah atau tinggi maka akan dibandingkan dengan batas maksimum yang diperkenankan menurut SNI No. 7387 untuk Cd sebesar 0.20 mg kg^{-1} berat segar.

Tabel 5. Kadar Cd dalam jaringan tanaman sayuran bagian akar dan tajuk

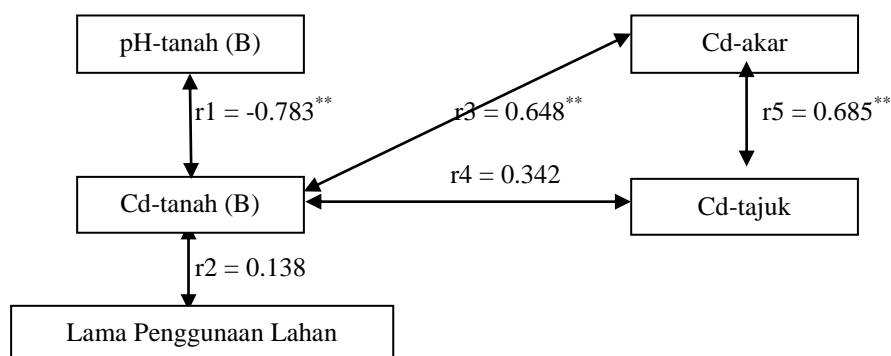
Lokasi	Cd Jaringan Tanaman (mg kg ⁻¹ BK*) pada setiap Waktu Pengamatan										LPL (th)
	T1		T3		T6		T8		T10		
	19-03-2007		01-06-2007		28-08-2007		20-02-2008		12-07-2008		
Bayam	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	LPL
L-1	0.63	0.34	0.63	0.27	0.66	0.40	0.80	0.43	0.75	0.41	12
L-2	0.57	0.25	0.64	0.44	0.77	0.43	0.79	0.51	0.76	0.40	7
L-4	0.55	0.38	0.62	0.43	0.76	0.43	0.91	0.49	0.63	0.39	11
L-5	0.79	0.62	0.62	0.34	0.89	0.48	0.89	0.60	0.76	0.51	14
L-6	0.53	0.40	0.62	0.46	0.92	0.45	0.89	0.55	0.89	0.50	15
Rerata	0.61	0.40	0.63	0.39	0.80	0.44	0.86	0.52	0.76	0.44	12
kangkung	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	LPL
L-1	0.51	0.28	0.45	0.28	0.54	0.38	0.54	0.34	0.45	0.29	12
L-2	0.42	0.25	0.43	0.26	0.63	0.42	0.72	0.42	0.79	0.49	7
L-3	0.43	0.25	0.39	0.26	0.63	0.43	0.78	0.49	0.70	0.46	9
L-5	0.55	0.42	0.49	0.30	0.63	0.39	0.70	0.50	0.70	0.47	14
L-6	0.54	0.44	0.53	0.41	0.70	0.43	0.55	0.35	0.54	0.37	15
L-7	0.45	0.44	0.54	0.47	0.27	0.12	0.26	0.10	0.27	0.09	10
L-8	0.46	0.38	0.56	0.43	0.36	0.19	0.35	0.19	0.36	0.18	5
L-9	0.44	0.28	0.46	0.29	0.44	0.25	0.43	0.25	0.43	0.29	4
L-10	0.56	0.37	0.46	0.30	0.46	0.31	0.45	0.29	0.45	0.28	6
Rerata	0.48	0.34	0.48	0.34	0.52	0.32	0.53	0.32	0.52	0.32	12
Caisin	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	LPL
L-2	0.32	0.16	0.23	0.09	0.34	0.21	0.34	0.17	0.18	0.20	7
L-3	0.24	0.12	0.24	0.10	0.27	0.11	0.26	0.10	0.33	0.18	9
L-5	0.42	0.18	0.32	0.18	0.42	0.16	0.26	0.08	0.32	0.17	14
L-6	0.26	0.21	0.32	0.20	0.34	0.17	0.34	0.17	0.41	0.23	15
Rerata	0.31	0.17	0.28	0.14	0.34	0.16	0.30	0.13	0.31	0.20	7

Keterangan : *) Perhitungan berdasar bobot kering mutlak

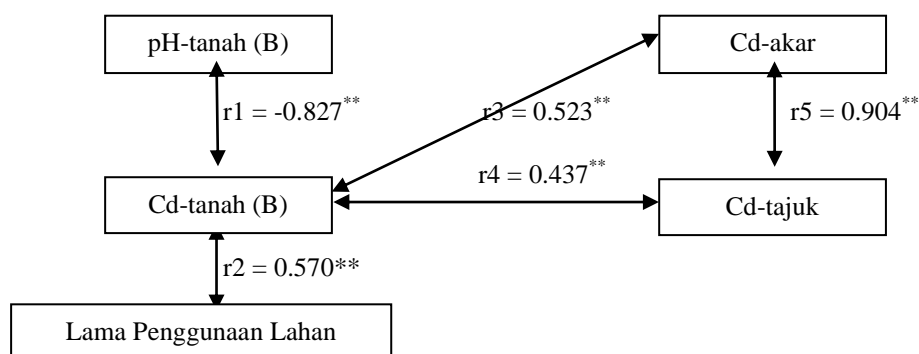
LPL = Lama Penggunaan Lahan untuk Budidaya Pertanian

Rata-rata kadar air (KA) dari ketiga tanaman kangkung, bayam dan caisin berturut-turut 87.5 %; 91.4 % dan 86.6 %. Melalui perhitungan konversi kandungan Cd ke berat segar, menunjukkan bahwa rata-rata kandungan Cd dalam jaringan dari ketiga jenis tanaman (secara keseluruhan) adalah sebesar $0.10 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0.006$ di bagian akar dan $0.04 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0.006$ di bagian tajuk. Nilai tersebut ternyata masih berada di bawah batas maksimum yang diperkenankan menurut SNI.

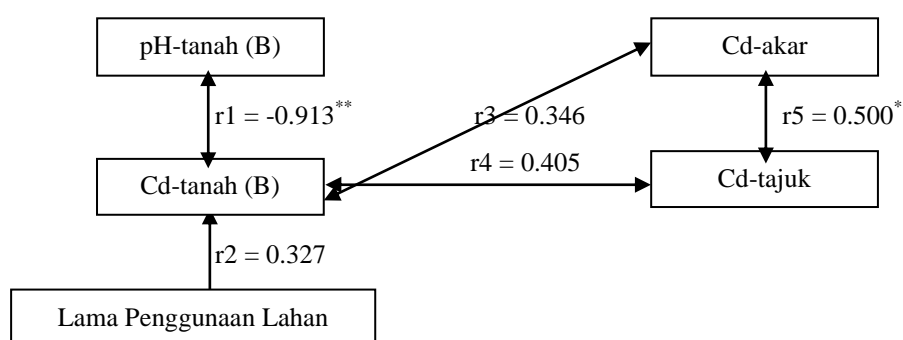
Perbandingan kandungan Cd dalam akar dan tajuk tanaman menunjukkan kondisi yang hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Salviano, Fontes dan Neves (2001) juga menunjukkan bahwa kandungan Cd akar lebih tinggi dari pada bagian atas (batang dan daun). Hasil ini juga menunjukkan bahwa Cd lebih banyak terakumulasi di bagian akar tanaman, dan selanjutnya akan di translokasi ke bagian tajuk. Berdasar hasil analisis korelasi pada ketiga jenis sayuran tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2, 3 dan 4.



Gambar 2. Hubungan antara kadar Cd dalam tanah, Cd dalam akar dan tajuk tanaman bayam, pH tanah, dan lama penggunaan lahan



Gambar 3. Hubungan antara kadar Cd dalam tanah, Cd dalam akar dan tajuk tanaman kangkung, pH tanah, dan lama penggunaan lahan



Gambar 4. Hubungan antara kadar Cd dalam tanah, Cd dalam akar dan tajuk tanaman caisin, pH tanah, dan lama penggunaan lahan

Ketiga gambar tersebut secara umum menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif yang signifikan antara Cd tanah dan Cd akar serta Cd akar dan Cd tajuk. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan Cd dalam jaringan tanaman sangat ditentukan oleh Cd dalam tanah. Fakta ini bermakna pula bahwa semakin tinggi ketersediaan Cd dalam tanah maka semakin tinggi serapannya oleh akar tanaman. Unsur Cd meskipun bukan hara esensial bagi tanaman, namun apabila dalam tanah jumlahnya cukup dan tersedia maka tanaman juga akan menyerap unsur tersebut.

Tingkat serapan logam berat oleh tanaman, selain ditentukan oleh besarnya jumlah kandungan logam berat dalam tanah, juga ditentukan oleh tingkat kelarutan logam tersebut dalam tanah. Salah satu sifat kimia tanah yang mempengaruhi tingkat kelarutan logam berat adalah reaksi tanah (pH tanah). Dari analisis korelasi tersebut menunjukkan bahwa Cd tanah berkorelasi negatif dan sangat signifikan dengan pH tanah, yakni semakin rendah pH tanah semakin tinggi tingkat kelarutan atau ketersediaan Cd dalam tanah. Selanjutnya semakin tinggi ketersediaan Cd dalam tanah maka serapan Cd oleh tanaman juga semakin tinggi. Hubungan ini nampak jelas digambarkan dari ketiga Gambar di atas. Hasil yang sama juga diperoleh dari penelitian Dia dan Singh (1994), Miller *et al.* (1976) dalam U.S. Department of Energy Office of Environmental

Management (1998) bahwa dalam berbagai studi serapan Cd oleh tanaman akan menurun dengan peningkatan pH tanah. Secara umum hasil penelitian Chuan *et al.* (1996) menunjukkan bahwa logam akan sedikit (kurang) larut pada suasana basa (pH = 8.0). Kelarutan logam lebih tinggi ketika dalam suasana sedikit asam (pH = 5.0), dan meningkat secara drastis pada kisaran pH 3.3.

Kadmium terdapat hampir selalu dalam bentuk divalen dan secara kimia mendekati sifat Zn. Hasil penelitian Chaudri *et al.* (2001), menunjukkan adanya hubungan yang nyata dan bersifat linier antara Cd terlarut dengan Cd total dalam tanah, demikian pula antara Cd total dalam tanah dengan Cd yang terserap oleh tanaman. Namun demikian hubungan antara Cd terlarut jauh lebih linier dengan Cd dalam tanaman dibandingkan dengan Cd total dalam tanah.

Seperti yang telah diuraikan, bahwa terdapatnya Cd di lahan budidaya pada bantaran sungai salah satunya disebabkan oleh penggunaan air sungai untuk irigasi (penyiraman). Sementara penggunaan air sungai pada musim kemarau tentunya frekuensinya lebih tinggi dibanding pada musim penghujan, dan pada saat yang sama konsentrasi Cd dalam air sungai cukup tinggi. Oleh karena itu perpindahan Cd dari badan air sungai ke lahan budidaya (di bantaran sungai) akan semakin banyak jumlahnya bila semakin sering lahan tersebut digunakan untuk budidaya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kandungan Cd dalam tanah di lahan bantaran sungai salah satunya akibat aktivitas manusia (*anthropogenic*). Hal ini terkait dengan penggunaan lahan untuk pertanian, dimana semakin lama penggunaan lahan untuk pertanian yang dibarengi dengan penggunaan air untuk penyiraman tanaman, maka semakin tinggi kandungan Cd dalam tanah. Penggunaan air sungai lebih banyak dilakukan pada saat musim kemarau, yaitu pada saat debit sungai rendah dan konsentrasi logam Cd dalam air sungai relatif tinggi, sehingga Cd yang terbawa oleh air ke dalam tanah juga semakin tinggi.

Ketersediaan Cd dalam tanah berkorelasi negatif dengan pH tanah dan semakin tinggi ketersediaan dalam tanah maka semakin tinggi tingkat serapan oleh tanaman. Kandungan Cd dalam jaringan akar jauh lebih tinggi dibandingkan kandungannya dalam tajuk tanaman (batang dan daun). Rata-rata kandungan kadmium dalam jaringan ketiga jenis tanaman di bantaran Sungai CBL menunjukkan nilai masih berada dibawah ambang batas maksimum yang diperkenankan.

Saran

1. Pemerintah perlu melakukan pengawasan yang lebih ketat terhadap industri yang membuang limbahnya ke Sungai Cikarang, Sungai Bekasi dan Sungai CBL, karena konsentrasinya dalam air sungai CBL sebagian telah melampaui batas Baku Mutu air Kelas IV.
2. Pada musim kemarau, petani yang bertanam sayuran di bantaran sungai sebaiknya tidak menggunakan air sungai untuk menyiram tanaman budidayaanya, karena pada musim kemarau konsentrasi polutan sangat tinggi

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Penelitian Tanah. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman Air dan Pupuk. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Chaudri, A. M., M. G. Allain, S. H. Badawy, M. L. Adams, S. P. McGrath, dan B. J. Chambers. 2001. Cadmium content of wheat grain from a long term field experiment with sewage sludge. *J. Environ. Qual.*, 30:1575-1580.
- Chuan, M. C., G.Y. Shu and J. C. Liu. 1996. Solubility of heavy metals in a contaminated soil: Effects of redox potential and pH. *Water, Air, & Soil Pollution*, 90: 543-556.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI Press. Jakarta.
- Fachrul, M. F., H. Haeruman, dan L. C. Sitepu. 2004. Komunitas Fitoplankton Sebagai Bio-Indikator Kualitas Perairan Teluk Jakarta. Seminar Nasional MIPA 2005 FMIPA – Universitas Indonesia Depok, 24-26 November 2005.
- Gundersen, P. and E. Steinnes. 2001. Influence of temporal variations in river discharge, pH, alkalinity and Ca on the speciation and concentration of heavy metals in some mining polluted rivers. *Aquatic Geochemistry*, 7: 173-193.
- Murray, K. S., D. T. Rogers, dan M. M. Kaufman. 2004. Heavy metals in an urban watershed in southeastern Michigan. Published in *J. Environ. Qual.*, 33:163–172.
- Robert. 1999. Chemicals. The Environmental Council. http://www.wasteonline.org.uk/resources/Wasteguide/mn_wastetypes_chemicals.html.
- Salviano, A. M., R. L. F. Fontes, P. C. R. Fontes, dan J. C. L. Neves. 2001. Plant growth and cadmium distribution in plants of Brazilian tobacco cultivars as affected by cadmium in nutrient solution. Plant nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst *et al.* (Eds.), Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands
- U.S. Department of Energy Office of Environmental Management. 1998. Empirical Models for the Uptake of Inorganic Chemicals from Soil by Plants. Bechtel jacobs Company LLC. United State.
- Vlams, J., D. E. Williams, J. E. Corey, A. L. Page, dan T. J. Ganje. 1985. Zinc and Cadmium Uptake by Barley in Field Plots fertilizers seven years with urban and sub-urban sludge. *Soil Sci. J.*, 139 : 81-87.
- World Health Organization (WHO). 1992. International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 134. Cadmium. Geneva. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc134.htm>.